

**Evaluación de tres métodos de
almacenamiento y su efecto en la calidad de
semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*)
variedad Sureño**

Manuel Norman López Gómez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de tres métodos de
almacenamiento y su efecto en la calidad de
semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*)
variedad Sureño**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Manuel Norman López Gómez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Evaluación de tres métodos de almacenamiento y su efecto en la calidad de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño

Manuel Norman López Gómez

Resumen. Se evaluaron tres sistemas de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño durante 120 días para determinar cuál preserva por mayor tiempo la calidad de la semilla, almacenamiento en cámara climatizada (55.64% HR, 15.97°C), almacenamiento hermético en cocoon™ (65.85% HR, 25.46°C) y almacenamiento abierto en bodega (60.63% HR, 28.13°C). Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en germinación en cámara climatizada (83.06%), cocoon™ (80.54%) y bodega (77.57). El tratamiento cocoon™ preservó mejor el contenido de humedad de las semillas (12.21%) que cámara climatizada (12.34%) y bodega (12.37%). Se encontró diferencia estadística ($P < 0.05$) entre la cámara climatizada (0.85%) y los demás tratamientos cocoon™ (1.04%), Bodega (1.07%) en daños por hongos. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en daños por insectos. Se encontró correlación negativa ($P < 0.05$) entre el efecto tiempo de almacenamiento, germinación, humedad relativa y temperatura en los tratamientos. El tiempo óptimo de almacenamiento para cámara climatizada (126 días), cocoon™ (66 días) y la bodega (33 días). En resumen, el método que preservó por mayor tiempo el vigor y germinación de las semillas fue la cámara climatizada, el cocoon™ preservó por mayor tiempo el contenido de humedad de la semilla durante almacenamiento. La temperatura afectó la germinación en cocoon™. El tiempo afectó la germinación de las semillas en todos los tratamientos.

Palabras clave: Cámara climatizada, germinación, hermético, humedad.

Abstract. Three storage systems for sorghum (*Sorghum bicolor*) Southern variety were evaluated for 120 days to determine the best preservation of seed quality, cold storage in a climatized chamber (55.64% RH, 15.97 ° C), hermetic storage cocoon™ (65.85% RH, 25.46 ° C) and open storage at room temperature (60.63% RH, 28.13 ° C). Significant differences ($P < 0.05$) in germination were observed between climatized chamber (83.06%), cocoon™ (80.54%) and open storage (77.57). The cocoon™ treatment preserved the seed moisture content better (12.21%) than the climatized chamber (12.34%) and the open storage (12.37%). Statistical difference ($P < 0.05$) was found between the climatized chamber (0.85%), cocoon™ (1.04%) and open storage (1.07%) in fungal damages. There were no significant differences ($P > 0.05$) in insect damages among the three treatments. Negative correlation ($P < 0.05$) was found between the effect of storage time, germination, relative humidity and temperature. The optimal storage time for climatized chamber (126 days), cocoon™ (66 days) and open storage (33 days). In short, the method that preserved seed vigor and germination for a longer time was the climatized chamber, cocoon™ preserved the seed moisture content for a longer time during storage. The temperature affected germination in cocoon™. The time affected the germination of the seeds in all the treatments.

Key words: Climatized chamber, germination, hermetic, humidity.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4. CONCLUSIONES	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22
7. ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de las variables y los tratamientos	4
2. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de germinación de las semillas de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño..	8
3. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de vigor de las semillas de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño	9
4. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de humedad de las semillas de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño	11
5. Evaluación del porcentaje de humedad relativa del aire en los tres tratamientos de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño..	12
6. Evaluación de la temperatura en los tres tratamientos de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.	14
7. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de daños por hongos en la de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.	15
8. Correlaciones entre el porcentaje de germinación, tiempo de almacenamiento, humedad relativa y temperatura de los tres tratamientos.....	17
9. Días óptimos de almacenamiento para garantizar un porcentaje de germinación de la semilla de un 80% como mínimo en cada tratamiento.	19
Figuras	Página
1. Porcentaje de germinación de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.	7
2. Porcentaje de vigor de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento	9
3. Comportamiento del porcentaje de humedad de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.....	10
4. Comportamiento de la humedad relativa en los tres tratamientos durante 120 días de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.	12
5. Comportamiento de la temperatura durante 120 días de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	13
6. Porcentaje de daños por hongos en las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.	15

Figuras	Página
7. Descripción del tiempo óptimo de almacenamiento en los tres tratamientos de almacenamiento de sorgo variedad: Sureño durante los 120 días de almacenamiento.	18

Anexos	Página
1. Hoja de análisis de calidad de las semillas utilizada durante 120 días en la evaluación de los tres tratamientos de almacenamiento.	25
2. Sintaxis de SAS 9.4 para análisis	26

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo pertenece a un grupo de cultivos conocidos como los C4, estos son fisiológicamente más eficientes en la producción de materia seca por cada milímetro de agua transpirada (Shaxson y Barber 2005). Además de su resistencia a la sequía, el sorgo también es capaz de sustituir al maíz para la alimentación animal y el consumo humano (Gómez y Meckenstock 1990). El sorgo variedad sureño se introdujo a Honduras en 1985 a través del programa INTSORMIL y la secretaria de recursos naturales, se creó para mejorar la producción, desarrollar tecnologías agrícolas vanguardistas en países en vías de desarrollo y optimizar así la seguridad alimentaria (Espinal 2013).

En Honduras participan tanto el Estado como la empresa privada en la producción, controles de calidad y almacenamiento de semilla mejorada. Actualmente se comercializan híbridos y variedades mejoradas en las categorías certificada y comercial, las categorías básica y registrada se certifican únicamente para utilizarse como un multiplicador y así obtener semilla certificada y comercial (Vargas 2003). El sorgo variedad sureño es cultivado por pequeños productores en la zona sur del país, existen aproximadamente 27 productores de sorgo a nivel nacional, sin embargo, solo el 59% son del departamento de Choluteca (Guzmán 2012).

La producción y certificación de semillas en Honduras se ampara en la Ley de Semillas, Decreto No. 1046 del 15 de julio de 1980 y el Reglamento General de Semillas, ambos regulan el funcionamiento del Programa Nacional de Producción de Semillas adscrita a la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Para muestrear y analizar un lote de semillas en almacenamiento estas deben cumplir con las normas de la Asociación Internacional de Pruebas para Semillas (ISTA por sus siglas en inglés) (La Gaceta - República de Honduras 1980).

La planta de semillas de Zamorano se dedica a la producción de semilla mejorada de maíz, frijol y sorgo variedad sureño. Actualmente la planta almacena semillas en bodegas a temperatura ambiente sin control de la humedad relativa, en cámaras climatizadas que almacenan y mantienen las semillas a $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa alrededor del 60%. La planta cuenta con tecnología de almacenamiento cocoon™ de GrainPro, sacos hechos de PVC flexible que evitan la penetración de los rayos UV y mantienen las condiciones de humedad, temperatura y niveles bajos de oxígeno para eliminar insectos y crecimiento de hongos que producen aflatoxinas (GrainPro 2014).

Estudios previos relacionados al almacenamiento de semillas en la planta de Zamorano, han recomendado implementar mejoras en el control de plagas y acondicionamiento de los

distintos tipos de almacenamiento (Alfaro Alfaro 2010; Jovel 2011), ya que organizaciones reguladoras como SENASA hacen hincapié en los atributos de calidad de las semillas (SENASA 2017).

Los atributos de calidad de una semilla se evalúan principalmente de acuerdo a su vigor y germinación. El vigor determina el potencial para una emergencia rápida y uniforme en condiciones desfavorables y la germinación es la suma de plántulas normales y fuertes (Miller 1993). Los factores que reducen la calidad de las semillas son la demora en envíos y los ambientes de almacenamiento inadecuados a los cuales se someten las semillas, por lo tanto, es necesaria la evaluación constante de las áreas de almacenamiento (Le Coënt *et al.* 2011).

El presente estudio evaluó el método de almacenamiento que preserva mejor los atributos característicos de calidad como humedad de la semilla, germinación, vigor, daños causados por insectos, daños por hongos y condiciones de temperatura y humedad relativa para la semilla de sorgo variedad sureño en la planta de semillas de Zamorano, para recomendar mejoras en el uso eficiente de cada uno.

Objetivos específicos:

- Determinar el método de almacenamiento que proporcionó mejor conservación a las características de calidad de la semilla como porcentaje de germinación, vigor, humedad de la semilla y daños por hongos e insectos.
- Determinar la correlación que existe entre el tiempo, ambiente de cada tratamiento, porcentaje de germinación, vigor, humedad en la semilla y daños por hongos e insectos.
- Determinar mediante una ecuación lineal el tiempo óptimo de almacenamiento en cada tratamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo.

El estudio se realizó en la planta de semillas y en el laboratorio de granos y semillas del departamento de agroindustria alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizado en la cuenca del río Yegüare, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. A 14° latitud Norte y 87.02° latitud Oeste. A una altura de 800 msnm, con una temperatura media anual de 24°C y una precipitación media anual de 1,100 mm. Considerado en la clasificación de zonas de vida de Holdrige como un Bosque Seco Tropical (Alfaro Alfaro 2010).

Materiales.

- Semilla de sorgo variedad: sureño lote: EAP-GYS/ODA-L1-16C
- Bolsas plásticas.
- Bolsas Ziploc[®] (26.8 cm x 27.3 cm)
- Cinta adhesiva.
- marcador para escritura en húmedo.
- Papel de siembra tipo KINPACK.
- Bandejas de Aluminio.
- Bandejas plásticas.
- Hojas de datos.
- Tablas de conteo

Equipo.

- Germinador modelo TPM-110, marca: Hoffman Manufacturing CO.
- Homogeneizador GAMET.
- Medidor de humedad GAC 2100.
- alveolo de doble tubo de 1 m de longitud para toma de muestras.
- Balanza analítica.
- Registrador de temperatura y humedad relativa marca Onset[®] Data Logger HOBO[®] modelo UX100-003.
- Zarandas para sorgo escala ocho con una abertura aproximada de 3/32 pulgadas.

Descripción de las variables y los tratamientos.

Se realizaron pruebas de contenido de humedad de la semilla, como pruebas de germinación y vigor, también se realizaron conteos de daños por hongos e insectos a los 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 y 120 días. Todas las pruebas fueron realizadas bajo las especificaciones del ISTA (International Seed Testing Association 2017). En el Cuadro 1 se especifican los diferentes tratamientos y las variables medidas durante 120 días que tomó realizar el estudio.

Cuadro 1. Descripción de las variables y los tratamientos.

Tratamientos	Humedad de la semilla	Temperatura	Germinación	Vigor	Daños por insectos	Daños por hongos	Humedad Relativa
bodega	X	X	X	X	X	X	X
cámara climatizada	X	X	X	X	X	X	X
cocoon TM	X	X	X	X	X	X	X

Procedimiento de muestreo.

Para la preparación de los tratamientos se envasaron en planta 46.36 kg de semillas de sorgo acondicionadas de un mismo lote en 90 sacos de polietileno haciendo un total aproximado de cuatro toneladas métricas de semillas utilizadas en este estudio. Luego se estibarón los sacos en proporciones de 10 sacos por repetición en cada uno de los tratamientos.

Para el muestreo en planta se utilizó un alveolo de doble tubo de 1m de longitud, se tomaron sub muestras de 1kg. en los tratamientos bodega, cocoonTM y cámara climatizada haciendo un total de 3 kg. de muestra por tratamiento. Estas sub muestras fueron homogenizadas en el laboratorio y se utilizaron 250 g en los análisis del contenido de humedad de la semilla, daños por hongo e insectos, una parte de cada sub muestra fue almacenada como muestra de referencia.

Cabe recalcar que para el tratamiento cocoonTM al día 0 del estudio, se tomaron todas las muestras para los 120 días del experimento y se depositaron en bolsas Ziploc[®] (26.8 cm × 27.3 cm) para colocarlas luego de forma homogénea dentro del almacenamiento. Estas no se cerraron su única función fue servir como recipientes de los muestreos aleatorios para facilitar el manejo del cocoonTM al momento del muestreo cada 12 días y evitar que se abriese completamente el sistema hermético.

Análisis del porcentaje de humedad de la semilla.

En el laboratorio se utilizó un método indirecto para medir la humedad de la semilla con el equipo modelo GAC[®] 2100 versión Agri marca Dickey-john, que mide el porcentaje de humedad de la semilla a través de una radio frecuencia.

Se homogenizó cada muestra de los tres tratamientos para asegurar su representatividad y uniformidad. De cada repetición se pesó una muestra de 250 g, cada submuestra se depositó en una celda del equipo que trabaja con impedancia eléctrica y cuando pasa la radio frecuencia a través del material se mide el contenido de humedad del sorgo. Se anotaron las lecturas del contenido de humedad, temperatura y densidad de las semillas indicadas por el equipo.

Germinación.

Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en el laboratorio. Para estas pruebas se utilizó como medio de germinación papel de siembra Kimpack. Para la siembra se utilizaron 100 semillas por repetición de tomadas al azar sembrando un total de dos repeticiones por cada submuestra. Se utilizaron cuadros de siembra para sorgo, bandejas de aluminio como soporte, cinta adhesiva y marcador para marcar las bandejas con el nombre del tratamiento y número de repetición sembrada.

Se utilizó una cámara de germinación modelo TPM-110, marca: Hoffman Manufacturing CO a una temperatura que osciló de 27-30°C y mantuvo una humedad relativa de 95%. Se coloraron en el germinador durante siete días realizando conteo al séptimo día para asegurar la germinación total de las semillas. Se evaluó el porcentaje de germinación con base a los siguientes criterios: germinadas, anormales y no germinadas.

Vigor.

Las pruebas de vigor se llevaron a cabo en el laboratorio de granos y semillas del departamento de agroindustria alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano acompañando el mismo procedimiento de siembra para las pruebas de germinación. La diferencia es que se realizó conteo de vigor en las semillas a los 4 días posterior a la siembra anotando un promedio por cada repetición.

Daño por insectos.

Se uniformizó la muestra con el homogeneizador como mínimos dos veces. Se pesó una sub muestra con 250 g de semillas utilizando una balanza electrónica. Se utilizaron zarandas escala 8 con una abertura aproximada de 3/32 pulgadas para sorgo y se separaron las semillas de las impurezas, se identificó la presencia de insectos por medio visual en las submuestras. También se trabajó con una balanza de precisión para determinar el peso de las impurezas.

Daño por hongos.

Se uniformizó la muestra con el homogeneizador como mínimo dos veces. Se pesó una sub muestra con 250 g de semillas utilizando una balanza electrónica. Se examinaron las semillas por medio visual y se separaron por su tipo de daño. La evaluación visual de las semillas con daños por impurezas en la separación fueron semillas que pasaron por las zarandas. La evaluación visual de las semillas con daños por hongos en la separación fueron semillas que presentaron manchas grises, cafés o negras. La evaluación visual de las semillas con daños por calentamiento en la separación fueron semillas que presentaron manchas amarillas. Se pesó en la balanza analítica la cantidad de semillas dañadas, se utilizó la ecuación [1] para determinar el porcentaje de daños de la semilla:

$$\frac{\text{daños en gramos}}{250 \text{ gramos de muestra}} \times 100 = \% \text{ de daño} \quad [1]$$

Temperatura y humedad relativa.

Se midió el efecto de la temperatura y humedad relativa utilizando un registrador de temperatura y humedad relativa marca Onset® Data Logger HOBO® que se conecta vía USB y descarga datos a un servidor. Se utilizó un equipo de medición para cada tratamiento de almacenamiento, se obtuvieron datos durante los 120 días del estudio lo que permitió realizar curvas de comportamiento de la humedad relativa y temperatura para poder evaluar cada tratamiento.

Análisis estadístico y diseño experimental.

Los datos obtenidos durante el estudio fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS® versión 9.4. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo los días 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 y 120. Se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno para un total de 9 unidades experimentales. Los datos fueron analizados con un análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha = 0.05$). Se realizaron correlaciones entre las variables de germinación, tiempo de almacenamiento, humedad relativa y temperatura de los tres tratamientos. Se realizó un análisis de regresión lineal para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento de cada tratamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación.

Se observó una disminución en la germinación de las muestras de las semillas tomadas periódicamente a partir del día 0 hasta el día 120 en los tratamientos cámara climatizada, cocoon™ y bodega (Figura 1).

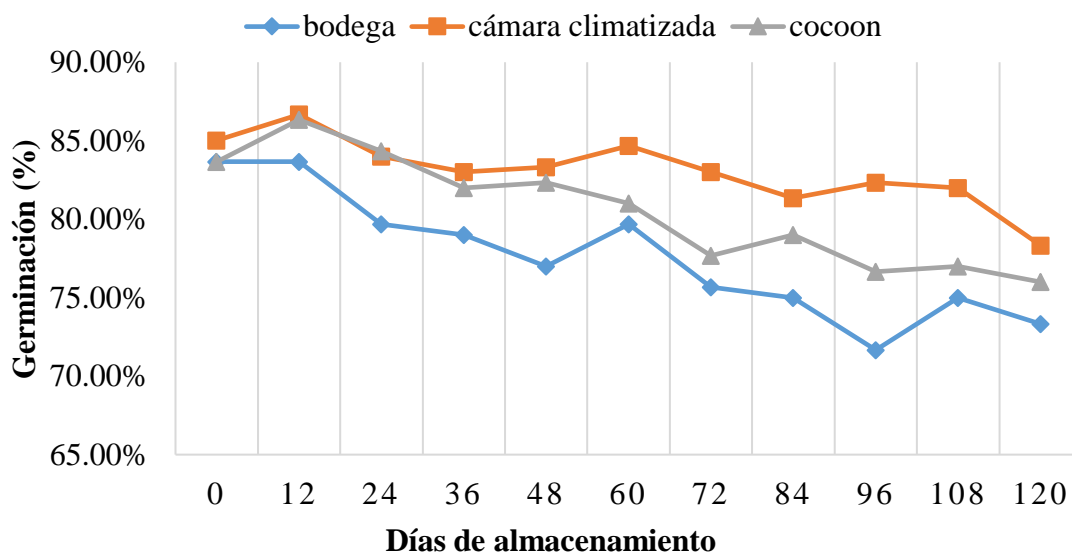


Figura 1. Porcentaje de germinación de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.

La Figura 1 indica el porcentaje de germinación de las semillas de sorgo sureño almacenadas en los tres tratamientos durante los 120 días que tomó el experimento. Se observó que la cámara climatizada con un promedio de 85.00 y 78.33% de germinación inicial y final respectivamente, mostró los mejores resultados, a comparación del sistema de almacenamiento cocoon™ y la bodega que resultaron ambos con un 83.67% de germinación inicial y un 76.00 y 73.33% de germinación final promedio respectivamente.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en cuanto al porcentaje de germinación entre los tratamientos cámara climatizada, bodega y cocoon™ en los días 0, 72 y 96. Se observó también que los porcentajes de germinación de las semillas van disminuyendo a medida transcurre el tiempo. A través de la separación de medias Duncan,

se encontró que hay diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los días en cada tratamiento, por lo tanto, el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de germinación de las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño. ¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 72 ± D.E*	Día 96 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
cámara climatizada	85.00±2.94 ^{Aa}	83.00±0.81 ^{Ab}	82.33±2.35 ^{Ab}	78.33±3.39 ^{Ab}
cocoon™	83.67±0.94 ^{Aa}	77.66±3.09 ^{Ab}	76.66±0.47 ^{Bb}	76.00±4.32 ^{Ab}
bodega	83.67±0.47 ^{Aa}	75.66±1.25 ^{Bb}	71.66±2.05 ^{Cb}	73.33±4.49 ^{Ab}
C.V%	2.55	3.14	3.26	7.84

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

Los resultados obtenidos concordaron con resultados similares en otros estudios donde el tiempo afectó la germinación de las semillas (Erazo 2004; Alfaro 2010; Jovel 2011). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de almacenamiento respecto al porcentaje de germinación. Se presume que durante el almacenamiento los cambios en temperatura y humedad relativa influyen sobre la germinación de las semillas (Carrillo *et al.* 2004). Según la literatura la semilla aumentará su índice de deterioro al aumentar el porcentaje de humedad relativa (HR) y temperatura de los ambientes en los cuales se encuentre almacenada (Delouche y Baskin 1973). En el caso de la temperatura a medida en que se acelere el proceso de respiración de las semillas, aumentará el deterioro (SAGARPA 2017).

Vigor en el sorgo.

Se observó una disminución en el vigor de las muestras de las semillas tomadas periódicamente a partir del día 0 hasta el día 120 en los tratamientos cámara climatizada, cocoon™ y bodega. La Figura 2 indica el porcentaje de vigor de las semillas de sorgo sureño almacenadas en los tres tratamientos durante los 120 días que tomó el experimento. Se observó que la cámara climatizada presentó un porcentaje de vigor inicial promedio de 84.00% siendo a lo largo del estudio la que presentó mejores resultados. Los sistemas de almacenamiento cocoon™ y bodega resultaron con un 83.00 y 82.33% de vigor inicial promedio respectivamente.

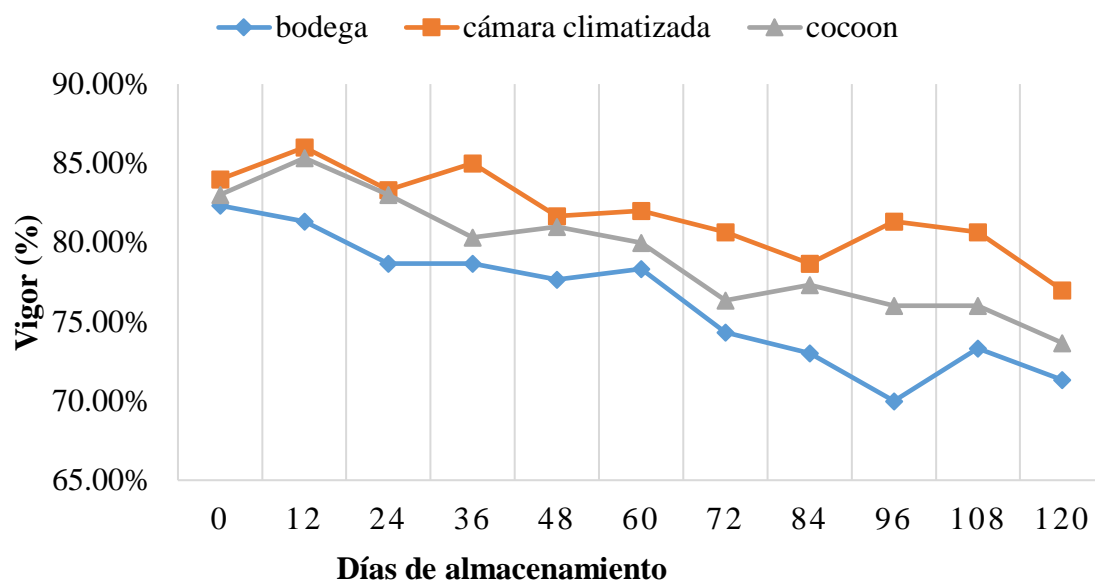


Figura 2. Porcentaje de vigor de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento

Se observó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en cuanto el porcentaje de vigor entre los tratamientos cocoonTM, cámara climatizada y bodega al día 96. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre los días en cada tratamiento por lo tanto el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de vigor de las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño. ¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 72 ± D.E*	Día 96 ± D.E*	Día120 ± D.E*
cámara climatizada	84.00±3.74 ^{Aa}	80.67±3.39 ^{Ab}	81.33±1.69 ^{Ab}	77.00±3.74 ^{Ac}
cocoon TM	83.00±0.00 ^{Aa}	76.33±2.62 ^{Ab}	76.00±0.00 ^{Bb}	73.67±1.69 ^{Ac}
bodega	82.33±1.25 ^{Aa}	74.33±2.05 ^{Ab}	70.00±2.94 ^{Cb}	71.33±2.87 ^{Ac}
C.V%	3.59	3.14	3.26	3.97

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

Según la literatura el potencial de almacenamiento de un lote de semillas está determinado por factores de estrés que afectan las semillas, incrementos no controlados de la temperatura

y la HR generan deterioro a través del tiempo (Aramendiz *et al.* 2007). Un alto porcentaje de vigor asegura un mayor potencial fisiológico por parte de las semillas para soportar el estrés incluso luego del tiempo de almacenamiento (Calderón 2009). Resultados relacionados indican que el cocoon™ resultó con porcentajes más altos en vigor (Alfaro 2010). Se presume que la cámara climatizada mantuvo el vigor de la semilla debido a su ambiente de temperatura y HR controlado.

Humedad.

Se observó un aumento en la humedad de las semillas de sorgo almacenadas en los tres tratamientos durante 120 días. La Figura 3 indica el porcentaje de humedad en los diferentes tratamientos con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 y 120 días. Se observó que el cocoon™ fue el tratamiento que preservó por mayor tiempo la humedad de las semillas de sorgo. Este presentó un promedio de 12.21% de humedad en las semillas almacenadas, a comparación de la bodega o cámara climatizada con promedios de 12.37 y 12.34% de humedad respectivamente.

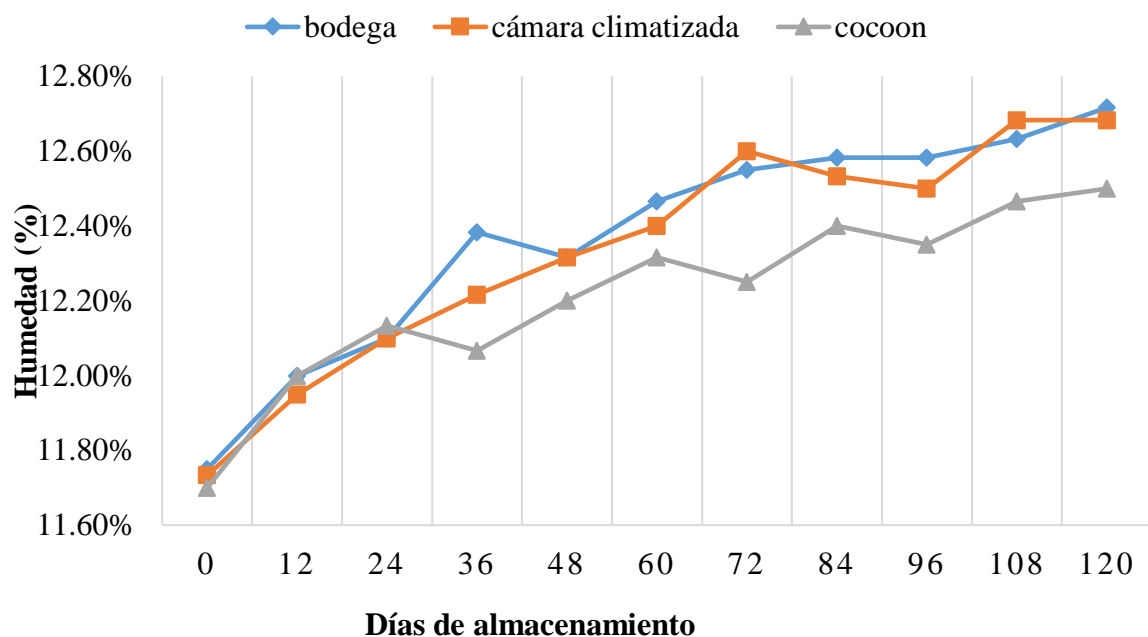


Figura 3. Comportamiento del porcentaje de humedad de las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.

Se observó que el contenido de humedad de las semillas aumentó a medida que transcurrió el tiempo. Los tratamientos bodega y cámara climatizada resultaron con promedios altos de humedad mientras que el tratamiento cocoon™ mantuvo un menor porcentaje de humedad en las semillas de sorgo. Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos en los días 0, 36 y 60. Siendo el cocoon™ diferente de la cámara

climatizada y la bodega. Sin embargo, entre la cámara climatizada y la bodega no existe diferencia significativa ($P > 0.05$). La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre el tiempo de almacenamiento y cada tratamiento, por lo tanto, el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 4). Los resultados demostraron estar por encima del valor mínimo de contenido de humedad exigido por la ley hondureña de semillas, que es 12.00% para semillas de sorgo a nivel de laboratorio (La Gaceta - República de Honduras 2001).

Estudios pasados con semillas de olmo y maíz demostraron en sus resultados que a medida aumenta el contenido de humedad de las semillas se reduce su porcentaje de vigor y germinación a través del tiempo considerando fluctuaciones en temperaturas de almacenamiento (Vertucci *et al.* 1994; Zhang *et al.* 2010). Al igual que los resultados de (Alfaro 2010) el tratamiento cocoon™ mantuvo el contenido de humedad de las semillas de sorgo por mayor tiempo, de igual forma el tiempo afectó a los tratamientos. En resultados de (Jovel 2011) el tratamiento cocoon™ y bodega mantuvieron la humedad de la semillas, sin embargo, en cuarto frío el contenido de humedad de las semillas fluctuó a causa de humedad relativa alta. La velocidad de absorción o desorción de humedad de la semilla dependió de la temperatura, velocidad del flujo de aire, permeabilidad de la testa de la semilla y HR del aire (Stubsgaard y Poulsen 1995).

Cuadro 4. Evaluación del efecto de tres tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de humedad de las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño. ¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 36 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
bodega	11.75±0.04 ^{Aa}	12.38±0.10 ^{Ab}	12.46±0.02 ^{Ac}	12.72±0.04 ^{Ad}
cámara climatizada	11.73±0.08 ^{Aa}	12.21±0.10 ^{Bb}	12.40±0.07 ^{Ac}	12.68±0.06 ^{Ad}
cocoon™	11.70±0.08 ^{Aa}	12.06±0.06 ^{Bb}	12.31±0.06 ^{Bc}	12.50±0.14 ^{Ad}
C.V%	0.48	0.57	0.27	0.87

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

Humedad relativa.

Se observó el comportamiento de la humedad relativa del aire en los tres tratamientos durante 120 días. La Figura 4 indica el comportamiento de la humedad relativa (HR) a los 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 y 120 días que permanecieron en almacenamiento las semillas de sorgo sureño. Indicando que existen diferencias entre los tres tratamientos. El tratamiento cocoon™ obtuvo el promedio más alto de 65.85% de HR, luego la bodega y la cámara climatizada con promedios de 60.63 y 55.64%, respectivamente.

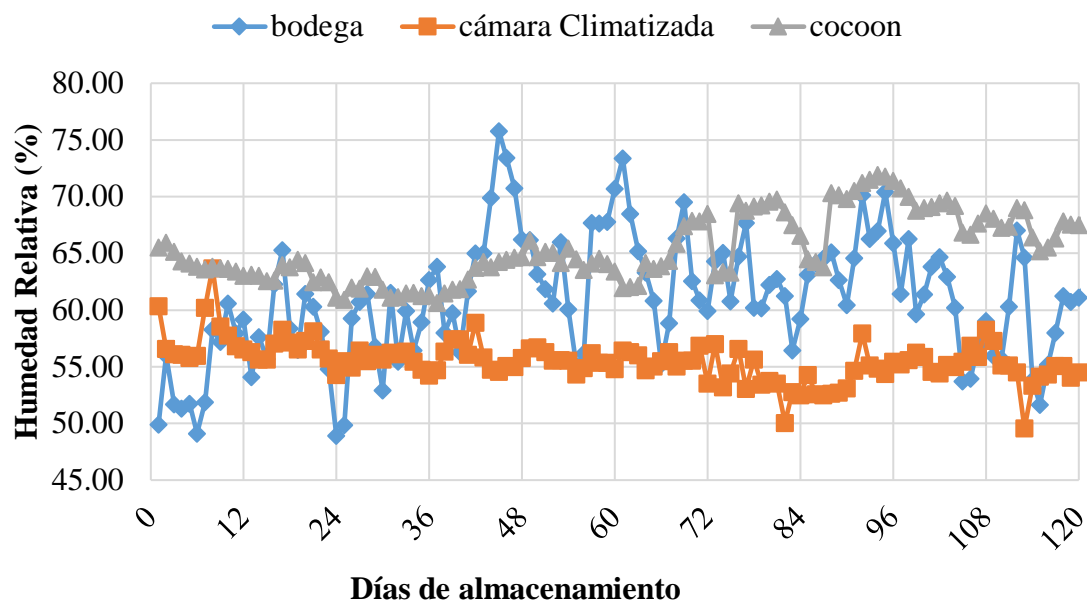


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa en los tres tratamientos durante 120 días de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.

Durante el tiempo en que se realizó el estudio se observó que hubo fluctuaciones respecto a la humedad relativa de los tres métodos de almacenamiento. Los tratamientos cocoon™ y bodega obtuvieron los porcentajes más altos de humedad relativa mientras que el tratamiento cámara climatizada obtuvo un menor promedio. También se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos cocoon™, cámara climatizada y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los tres tratamientos, así mismo en cuanto a la relación tiempo-HR la semilla se ve afectada por el tiempo de almacenamiento en los tres tipos de almacenamiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación del porcentaje de humedad relativa del aire en los tres tratamientos de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 96 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
cocoon™	65.56±0.33 ^{Aa}	62.05±0.09 ^{Ab}	69.86±0.80 ^{Ab}	67.94±0.59 ^{Ab}
bodega	52.68±2.55 ^{Ba}	69.01±3.36 ^{Ab}	62.47±2.80 ^{Bb}	61.45±0.76 ^{Bb}
cámara climatizada	57.68±1.89 ^{Ba}	56.26±0.18 ^{Bb}	55.71±0.43 ^{Cb}	54.19±0.25 ^{Cb}
C.V%	4.30	3.98	3.32	0.99

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

El tratamiento cocoon™ obtuvo un promedio mayor en cuanto a HR del aire. Se observó que el cocoon™ perdió su hermeticidad entre el día 60 a 72, esto concuerda con (Jovel 2011) quién presentó resultados similares e indicó que se debe a las veces que se abre el almacenamiento hermético para realizar muestreos. Sin embargo, el contenido de humedad de las semillas del tratamiento cocoon™ no se vio afectado por las fluctuaciones en HR, se presume que la cantidad de aire limitada y la velocidad del flujo del aire en los cocoon™ haya influenciado en que la humedad de las semillas haya variado muy poco a medida que fluctuó la temperatura (Smith 1992; Vertucci *et al.* 1994; Stubsgaard y Poulsen 1995). La cámara climatizada en cambio, obtuvo un promedio inferior que los demás tratamientos esto se reflejó en los resultados altos en vigor y germinación obtenidos de este último tratamiento, por lo tanto, se confirma que la humedad relativa y las altas temperaturas de almacenamiento son negativamente correlacionadas con la longevidad y germinación de la semilla (Guberac *et al.* 2003). Es importante considerar que el equilibrio entre la HR y contenido de humedad de la semilla dependió también de la composición de cada semilla que puede a la vez ser afectada por su genotipo (Ellis y Roberts 1982).

Temperatura.

Se observó el comportamiento de la temperatura en los tres tratamientos desde el día 0 hasta el día 120. La Figura 5 muestra el comportamiento de la temperatura durante 120 días de almacenamiento de las semillas de sorgo en los tres tratamientos. Se observó que la cámara climatizada presentó una temperatura promedio de 15.97 °C, los tratamientos cocoon™ y la bodega ambos presentaron datos de temperatura promedios de 25.25 y 28.13 °C, respectivamente.

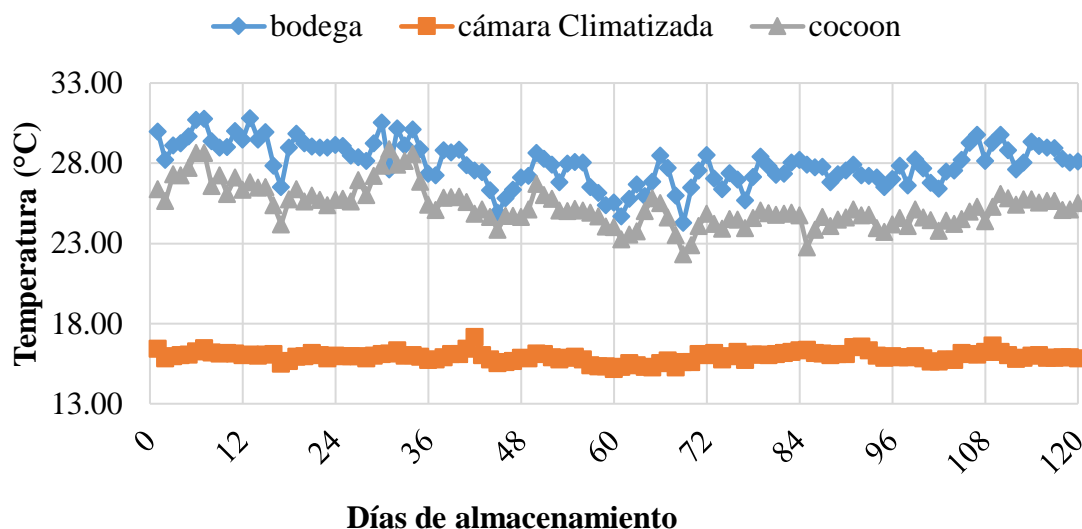


Figura 5. Comportamiento de la temperatura durante 120 días de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.

Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos cámara climatizada, cocoonTM y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que también existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo tanto, el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Evaluación de la temperatura en los tres tratamientos de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E.*	Día 60 ± D.E.*	Día 96 ± D.E.*	Día 120 ± D.E.*
bodega	29.09±0.72 ^{Aa}	25.71±0.81 ^{Ab}	27.56±0.69 ^{Ab}	28.08±0.03 ^{Ac}
cocoon TM	26.45±0.68 ^{Ba}	24.51±0.65 ^{Bb}	24.59±0.42 ^{Bb}	25.29±0.15 ^{Bc}
cámara climatizada	16.08±0.25 ^{Ca}	15.41±0.08 ^{Cb}	15.93±0.03 ^{Cb}	15.80±0.09 ^{Cc}
C.V%	2.36	2.38	1.86	0.57

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

En la literatura se encontró referencia de la relación que tiene la temperatura respecto al contenido de humedad de las semillas a una dada HR, se dice que a temperaturas más bajas el contenido de humedad de las semillas es mayor (Guberac *et al.* 2003). Esto se puede comparar con los resultados obtenidos de la cámara climatizada respecto al contenido de humedad de las semillas, este fue aumentando a medida transcurrió el tiempo y fluctuó la temperatura y humedad relativa del almacenamiento. Se evitaron daños por insectos en la cámara climatizada por el efecto de la temperatura inferior a 17 °C (Ellis y Roberts 1982). En relación a otros estudios se encontró que el almacenamiento en frío (15-20 °C) presentó mejores resultados referente a la temperatura, no se presentaron daños por insectos y respecto al tiempo de almacenamiento se encontraron diferencias entre el día 0 y 120 en los tres tratamientos (Alfaro 2010).

Daños por hongos.

Se observó la presencia de hongos durante los 120 días que duró el estudio en muestras de semillas de sorgo de los tres tratamientos. La Figura 6 muestra los porcentajes de daños por hongos durante 120 días de almacenamiento de las semillas de sorgo en los tres tratamientos. Se observó que la bodega presentó mayor porcentaje de daños por hongos con un promedio de 1.07%, los tratamientos cocoonTM y la cámara climatizada ambos presentaron daños inferiores con promedios de 1.05 y 0.85% respectivamente.

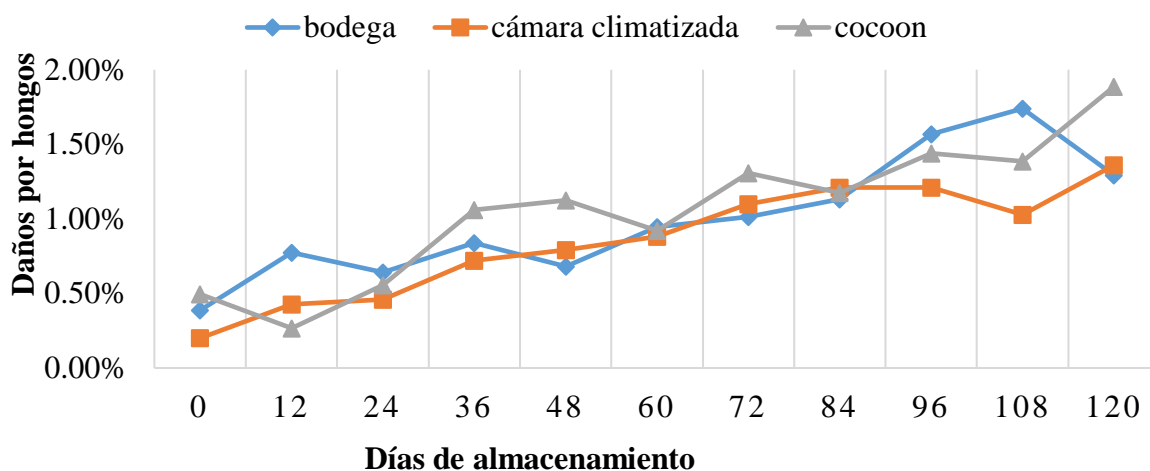


Figura 6. Porcentaje de daños por hongos en las semillas de sorgo sureño en los tres tratamientos durante el período de almacenamiento.

Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento cámara climatizada con respecto al cocoon™ y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que también existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo tanto, el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de daños por hongos en la de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 96 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
bodega	0.39±0.17 ^{Aa}	1.01±0.10 ^{Ab}	1.74±0.21 ^{Ac}	1.29±0.28 ^{Bc}
cocoon™	0.49±0.17 ^{Aa}	0.92±0.62 ^{Ab}	1.44±0.08 ^{Ac}	1.88±0.06 ^{Ac}
cámara climatizada	0.20±0.05 ^{Aa}	0.88±0.19 ^{Ab}	1.21±0.10 ^{Ac}	1.36±0.22 ^{Bc}
C.V%	61.53	38.61	12.73	12.79

¹ Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0.05$) y valores con letras minúsculas diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tiempo ($P < 0.05$) en la misma fila.

* D.E = desviación estándar.

C.V = coeficiente de variación

La presencia de hongos en almacenamiento se relaciona con porcentajes de humedad relativa por encima del 60%. Generalmente los hongos del género *Aspergillus* aparecen arriba del 65 - 70% de humedad relativa. La temperatura y contenido de humedad de la semilla deberá permanecer debajo de 27 °C y 12.5%, respectivamente (FAO 1993).

Daños por insectos.

Se observó que no hubo presencia ni daños por insectos durante los 120 días del estudio en los tres métodos de almacenamiento. Se encontró que no existe diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos bodega, cámara climatizada y cocoon™. La separación de medias Duncan, indicó que no existe diferencia entre los días 0 a 120. Resultados similares fueron obtenidos por (Alfaro 2010) donde no se encontró daños por insectos hasta el día 60 del estudio. Aunque el rango de temperatura fue propicio para el desarrollo de insectos en la bodega se presume que debido al control de plagas con fosforo de aluminio y la limpieza frecuente la incidencia por insectos resultó insignificante. En la cámara climatizada la temperatura promedio fue de 15.97 °C durante los 120 días de almacenamiento, según la literatura si se mantiene un control de temperatura bajo los 17 °C, el desarrollo de los insectos resulta insignificante (FAO 1993). Según las especificaciones del sistema de almacenamiento hermético cocoon™ a medida que las semillas respiran producen dióxido de carbono, reduciendo el oxígeno a niveles intolerables para los insectos (GrainPro 2014).

Correlaciones.

Se pudo determinar la relación que existe entre la germinación, tiempo de almacenamiento, humedad relativa del aire y temperatura a través de una correlación por cada tratamiento. Se observó que el tiempo de es la variable que más influye en la disminución del porcentaje de germinación de la semilla de acuerdo a las condiciones de almacenamiento de cada tratamiento. Se especifica la relación que tiene la humedad relativa y la temperatura con la germinación (Cuadro 8).

Porcentaje de germinación-humedad relativa. Existe correlación negativa ($P < 0.05$) en los tratamientos Bodega y cocoon™. En el tratamiento cocoon™ y bodega se observó una reducción del poder germinativo de 7.67 y 10.34% respectivamente desde el día 0 hasta el 120 (Cuadro 8). Estos resultados contradicen los datos obtenidos por otros estudios relacionados (Jovel 2011), en el cual, no se observaron resultados como los presentados en este estudio durante los días 36 a 48, donde se alcanzaron picos superiores a 70% de HR en bodega. En el caso de la cámara climatizada el aire no alcanzó un porcentaje mayor a 70%, por lo tanto, no se ocasionó un efecto negativo en la germinación de la semilla (FAO 1993).

Porcentaje de germinación-tiempo de almacenamiento. Existe una correlación negativa ($P < 0.05$) entre el tiempo de almacenamiento y el porcentaje de germinación en los tres métodos de almacenamiento, esto confirma que a medida avanza el tiempo el porcentaje de germinación de las semillas de sorgo disminuye (Cuadro 8). Esto se puede comprobar con estudios pasados donde el tiempo influyó negativamente en la germinación de las semillas (Erazo 2004; Alfaro 2010; Jovel 2011).

Porcentaje de germinación-temperatura. Existe una correlación ($P < 0.05$) entre la temperatura y la germinación en el tratamiento cocoon™. Se debe a que en ambientes con cantidades reducidas de aire la temperatura tiende a fluctuar (Smith 1992; Guberac *et al.* 2003) (Cuadro 8). Esto contradice lo expresado por Alfaro (2010) donde el porcentaje de germinación más alto lo tuvo el tratamiento cocoon™ con temperaturas entre los 25 – 30

°C, se presume que la temperatura influyó en la proliferación de hongos en el cocoonTM ya que se presentaron temperaturas superiores a 25 °C y HR mayor a 65% (FAO 1993).

Cuadro 8. Correlaciones entre el porcentaje de germinación, tiempo de almacenamiento, humedad relativa y temperatura de los tres tratamientos.¹

TRT	Tiempo	HR	Temperatura
bodega	-0.72547 [*]	-0.41206 [*]	0.33315 [*]
	<0.0001 [†]	0.0172 [†]	0.0582 [†]
cámara climatizada	-0.59674 [*]	0.34400 [*]	-0.11591 [*]
	0.0002 [†]	0.0500 [†]	0.5207 [†]
cocoon TM	-0.65316 [*]	-0.54133 [*]	0.57991 [*]
	<0.0001 [†]	0.0011 [†]	0.0004 [†]

¹* Índice de Pearson

[†] Probabilidad (P < 0.05)

Tiempo óptimo de almacenamiento.

Para conocer qué método de almacenamiento preserva mejor las características de las semillas de sorgo se obtuvo el tiempo óptimo de almacenamiento para los tres tratamientos. El porcentaje mínimo de 80% de germinación fue el parámetro usado para determinar a través de una ecuación lineal el tiempo óptimo de almacenamiento para cada tratamiento (Jovel 2011). Se representó el porcentaje mínimo de germinación por la variable 'y' en cada ecuación y se resolvió para la variable tiempo de almacenamiento representada por 'x'. La Figura 7 indica las ecuaciones con la disminución del porcentaje de germinación de las semillas de sorgo en cada uno de los tratamientos durante el estudio.

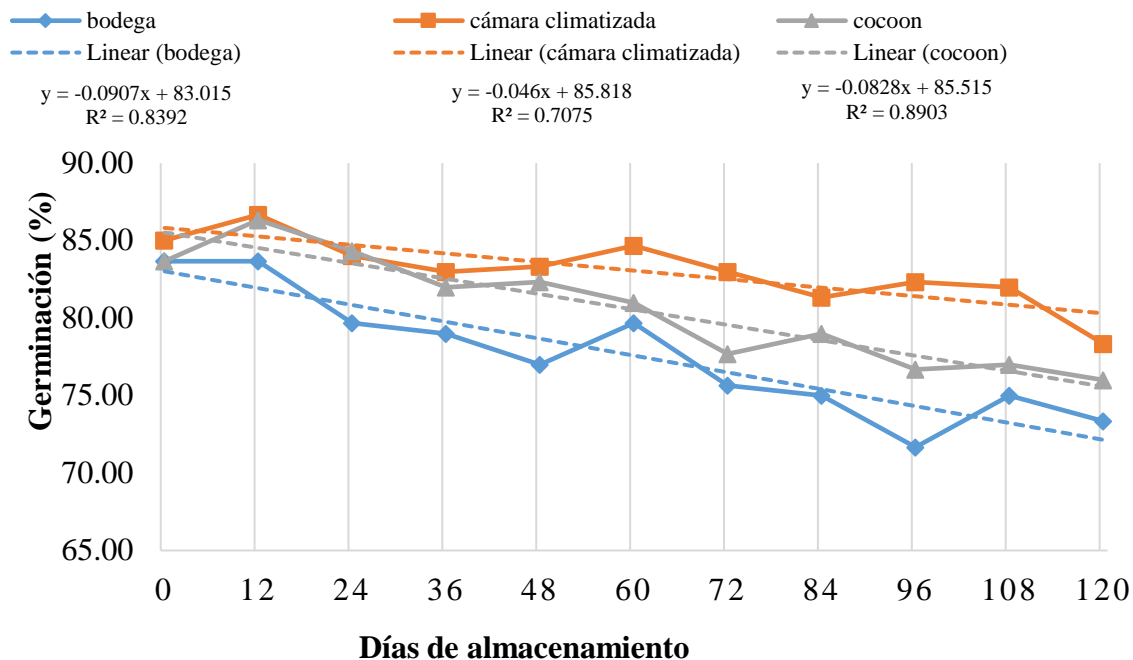


Figura 7. Descripción del tiempo óptimo de almacenamiento en los tres tratamientos de almacenamiento de sorgo variedad: Sureño durante los 120 días de almacenamiento.

Para conocer qué tan ajustados estuvieron los datos al modelo lineal se utiliza el coeficiente de determinación (R^2) (Jovel 2011). En el cuadro 9 se observó que la cámara climatizada alcanzó un tiempo óptimo de 126 días resultando como el método de almacenamiento que preserva mejor las características de la semilla de sorgo sureño. Se presume que debido a las condiciones de humedad relativa y temperatura de los demás sistemas de almacenamiento se presentaron días óptimos de almacenamiento menos prolongados. En 2001 se realizó una investigación donde se probó el efecto hermético en bolsas de polietileno con semillas de trigo a 12% de humedad con poder germinativo de 94% almacenadas por 208 días y semillas de maíz almacenadas a un contenido de humedad menor a 14% por 4 meses (Rodríguez *et al.* 2001). Se presume que a menor contenido de humedad es mayor el tiempo de almacenamiento y se mantiene el poder germinativo. Estudios relacionados con maíz alcanzaron más días de almacenamiento sin embargo, el poder germinativo del maíz inicio con un promedio de 97.70% y se redujo un 10 % aproximadamente entre los tres tratamientos evaluados (Jovel 2011). Se presume que la calidad del lote EAP-GYS/ODA-L1-16C se deterioró mucho antes del recibo en planta por lo tanto, esto influyó en la reducción de días óptimos de almacenamiento entre los tratamientos bodega, cámara climatizada y cocoonTM.

Cuadro 9. Días óptimos de almacenamiento para garantizar un porcentaje de germinación de la semilla de un 80% como mínimo en cada tratamiento.¹

TRT	Días	R²	Ecuación
bodega	33	0.839	$y = -0.0907x + 83.015$
cámara climatizada	126	0.707	$y = -0.0460x + 85.818$
cocoon TM	66	0.890	$y = -0.0828x + 85.515$

¹ (R²) Indica el ajuste de los datos al modelo lineal.

(Días) Indica el tiempo de almacenamiento para garantizar un porcentaje mínimo de germinación de 80% en las semillas de sorgo sureño.

4. CONCLUSIONES

- La cámara climatizada preservó mejor la viabilidad de la semilla y la reducción de daños por hongos. El sistema de almacenamiento cocoon™ preservó mejor el contenido de humedad de la semilla.
- Se determinó que el tiempo de almacenamiento afecta la germinación de las semillas de sorgo sureño en todos los métodos de almacenamiento. Así mismo la humedad relativa del aire afecta la germinación de las semillas en la bodega y cocoon™. La temperatura es causante de la reducción del porcentaje de germinación en el cocoon™.
- La cámara climatizada alcanzó un tiempo óptimo de 126 días resultando como el método de almacenamiento que preserva por mayor tiempo las características de la semilla de sorgo sureño.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar la implementación de un ventilador eólico que desplace el aire caliente del interior de la bodega hacia el exterior.
- Evaluar la hermeticidad de los sistemas de almacenamiento cocoon™ realizando tomas del nivel de oxígeno presente de manera continua con un medidor de oxígeno.
- Evaluar la implementación de uno o más deshumidificadores en la cámara climatizada.
- Evaluar las condiciones de manejo postcosecha de la semilla de sorgo var. Sureño para aumentar el porcentaje de germinación y vigor al recibo de la planta de acondicionamiento de semillas.

6. LITERATURA CITADA

Alfaro L. 2010. Evaluación de tres sistemas de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) Variedad: Sureño, en Zamorano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 21 p.

Aramendiz H, Cardona C, Jarma A, Robles J, Montalván R. 2007. Effect of storage on the physiological quality of eggplant seeds (*Solanum melongena* L.). *Agronomía Colombiana* [consultado 2017 sep 22]. 25(1):104–112. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a12.pdf>

Calderón D. 2009. Aceites vegetales usados en tratamientos en semillas de frijol almacenado y su efecto en la calidad fisiológica [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. 135 p.

Carrillo P, Fassola, V, Chaves HE, Mugridge AR. 2004. Almacenamiento refrigerado de semillas de *Araucaria angustifolia* (bert.) O. Kuntze: conservación del poder germinativo. *RIA* [consultado 2017 sep 30]. 33(2):67–84. <http://www.redalyc.org/html/864/86433205/>

Delouche JC, Baskin CC. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. & Techno* [consultado 2017 oct 2]. 1:427–452. <http://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/13316/F-4.pdf?sequence=1>

Ellis RH, Roberts EH. 1982. The design of seed storage facilities for genetic conservation. Roma (Italia). IBPGR. 100 p.

Erazo Á. 2004. Deterioro de calidad física y viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor*) durante su almacenamiento en Zamorano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 21 p.

Espinal JR. 2013. Impacto del programa INTSORMIL y de la Escuela Agrícola Panamericana en el Cultivo de Sorgo en Honduras. *Ceiba: Revista Tec. Cien.* 52(1). DOI: 10.5377/ceiba.v52i1.972

FAO (Food and Agriculture Organization) 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural [internet]. Chile:FAO; [consultado 2017 oct 2]. <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S01.htm#Insectos>

Gómez F, Meckenstock D. 1990. Intormil annual report: fighting hunger with research a team effort [internet]. Honduras; [consultado 2017 sep 21]. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABI955.pdf

GrainPro 2014. GrainPro, Inc. - Self-Verifying Cocoon™ [internet]. EE.UU; [consultado 2017 sep 21]. <http://grainpro.com/gpi/index.php>

Guberac V, Maric S, Lalic A, Drezner G, Zdunic Z. 2003. Hermetically sealed storage of cereal seeds and its influence on vigour and germination. *J Agron Crop Sci* 189(1):54-56. DOI: 10.1046/j.1439-037X.2003.00596.x

Guzmán Y. 2012. Estudio de mercado de semillas de granos básicos en Honduras [internet]. SAG Honduras; [consultado sep 21]. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AYAGmSGkTJQJ:www.dicta.hn/files/Estudio-de-mercado-Reparado-Febrero-2012.pdf+&cd=14&hl=es-419&ct=clnk&gl=hn>

ISTA (International Seed Testing Association) 2017. International rules for seed testing chapter 2: sampling 2017. 1:1–50. DOI: 10.15258/istarules.2017.02

Jovel RA. 2011. Evaluación de tres métodos de almacenamiento de semilla de maíz (*Zea mays*) en Zamorano [Tesis]. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 21 p.

La Gaceta - República de Honduras. 1980. Decreto n° 1046-1980 - ley de semillas y demás disposiciones que regulan el funcionamiento del Programa nacional de Producción de Semillas de la Secretaría de Recursos Naturales [internet]. Tegucigalpa: La Gaceta [consultado 2017 sep 21]. <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/hn/hn001es.pdf>

La Gaceta - República de Honduras. 2001. Acuerdo n° 1942. Reglamento de la Ley de Semillas [internet]. Tegucigalpa: La Gaceta [consultado 2017 sep 21]. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:wCHp3aAYgGQJ:tramites.gob.hn/sites/default/files/Reglamento%2520de%2520la%2520Ley%2520de%2520Semilla.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=hn>

Le Coënt P, Larinde M, Guei R, Wobil J, Fajardo J, Pandey S, Osborn T. 2011. Semillas en emergencias - manual técnico [internet]. Rome: FAO [consultado 2017 sep 18]. <http://www.fao.org/3/a-i1816s.pdf>

Miller B. 1993. The history of seed vigor testing. *Stjournal* [consultado 2017 oct 2]. 17(2):93–100. https://stjournal.org/wp-content/uploads/2015/07/92-100-STJ_V17N2-1993.pdf

Rodríguez JC, Bartosik RE, Malinarich HD, Exilart JP, Nolasco ME. 2001. Almacenaje de Granos en Bolsas Plásticas [internet]. Argentina: INTA [consultado 2017 oct 1]. <http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/Calidad/silo%20bolsa2.htm>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2017. Almacenamiento y conservación de granos y semillas [internet]. México: Sistema Integral de Servicios al Agro (SISACOP) [consultado 2017 sep 22]. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf>

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria) 2017. Departamento de Certificación de Semillas [internet]. Honduras [consultado 2017 oct 2]. <http://senasa.gob.hn/index.php/sub-direcciones/sub-direccion-tecnica-de-sanidad-vegetal/depto-de-certificacion-de-semillas>

Shaxson, F.; Barber, R. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: Servicio de manejo de las tierras y de la nutrición de las plantas [internet]. Rome: FAO [consultado 2017 sep 22]. <http://www.fao.org/3/a-y4690s/index.html>

Smith, RD. 1992. Seed storage, temperature and relative humidity. SSR 2(02):47. DOI: 10.1017/S0960258500001215

Stubsgaard, F.; Poulsen, KM. 1995. Seed moisture and drying principles. Danida Forest Seed Centre [internet]. [consultado 2017 oct 4]. https://curis.ku.dk/ws/files/20661341/ln_c5.pdf

Vargas, D.; Francisco E. 2003. Estudio de mercado para la semilla mejorada de maíz, frijol, sorgo y arroz en Honduras [Tesis]. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 34 p.

Vertucci, CW.; Roos, EE.; Crane, J. 1994. Theoretical basis of protocols for seed storage: optimum moisture contents for pea seeds stored at different temperatures [internet]. Annals of Botany [consultado 2017 sep 23]. 74(5):531-540. <http://www.jstor.org/stable/42764598>

Zhang, M.; Zhuo, J.; Wang, X.; Wu, S.; Wang, X. 2010. Optimizing seed water content: relevance to storage stability and molecular mobility. Journal of integrative plant biology [consultado 2017 oct 2]. 52(3):324–331. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00916

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de análisis de calidad de las semillas utilizada durante 120 días en la evaluación de los tres tratamientos de almacenamiento.

July 1, 2014 [AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA] RE LAB01-2014

ANALISIS DE CALIDAD DE SEMILLA
 Escuela Agrícola Panamericana
 Departamento de Agroindustria
 Laboratorio de tecnología de semillas

Consecutivo entrada de muestra: _____ Temperatura: _____
 Cliente: _____ Sustrato de siembra: _____
 Fecha de recepción de muestra: _____ Semilla tratada: _____
 N° semillas por repetición: _____
 Fecha de siembra: _____ Observación: _____

Cantidad: →	Lote	% DE HUMEDAD: EMERGENCIA										% TETRAZOLIUM		
		LECTURA AL Día					LECTURA AL Día					VIABLES		
		FECHA DE LECTURA:					FECHA DE LECTURA:							
	NORM.	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO			
	Material	ANORM.												
		Deadly												NO VIABLES

Fecha de siembra: _____

Cantidad: →	Lote	% DE HUMEDAD: EMERGENCIA										% TETRAZOLIUM		
		LECTURA AL Día					LECTURA AL Día					VIABLES		
		FECHA DE LECTURA:					FECHA DE LECTURA:							
	NORM.	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO			
	Material	ANORM.												
		Deadly												NO VIABLES

Fecha de siembra: _____

Cantidad: →	Lote	% DE HUMEDAD: EMERGENCIA										% TETRAZOLIUM		
		LECTURA AL Día					LECTURA AL Día					VIABLES		
		FECHA DE LECTURA:					FECHA DE LECTURA:							
	NORM.	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO			
	Material	ANORM.												
		Deadly												NO VIABLES

Observaciones: _____

JEFE DE TECNOLOGÍA GRANOS Y SEMILLAS
 ING. EDWARD MONCADA
 TEL: 27766140 EXT: 2106
emoncada@zamorano.edu

TÉCNICO DE LABORATORIO
 JUAN FRANCISCO GARCÍA VALERIO
 TEL: 27766141 EXT: 2309
jgarcia@zamorano.edu

Fecha documentación _____

LABORATORIO DE SEMILLAS - ZAMORANO

Anexo 2. Sintaxis de SAS 9.4 para análisis del porcentaje de germinación.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	60
Error Mean Square	12.50606

Number of Means	2	3
Critical Range	1.741	1.832

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	83.0606	33	camclim
B	80.5455	33	cocoon
C	77.5758	33	bodega

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	60
Error Mean Square	12.50606

Duncan Grouping			Mean	N	TIEMPO
	A		85.556	9	12
B	A		84.111	9	0
B	A		82.667	9	24
B	C		81.778	9	60
B	C	D	81.333	9	36
B	C	D	80.889	9	48
E	C	D	78.778	9	72
E	C	D	78.444	9	84
E		D	78.000	9	108
E			76.889	9	96
E			75.889	9	120